

土地改良事業計画設計基準及び運用・解説

設 計

「パイプライン」

基準

基準の運用

基準及び運用の解説

付録 技術書

令和3年6月

3 農振第 914 号
令和 3 年 6 月 30 日



各 地 方 農 政 局 長 殿

内閣府沖縄総合事務局長 殿

国土交通省北海道開発局長 殿

農林水産省農村振興局長

土地改良事業計画設計基準・設計「パイプライン」の運用について

「土地改良事業計画設計基準・設計「パイプライン」（平成 21 年 3 月 31 日付け 20 農振第 2149 号農林水産事務次官依命通知）」の遵守すべき具体的な運用について別添のとおり定めたので、国営土地改良事業の実施に当たっては遺漏のないようにされたい。

これに伴い、「土地改良事業計画設計基準・設計「パイプライン」の運用について（平成 21 年 3 月 31 日付け 20 農振第 2150 号農林水産省農村振興局長通知）」は廃止する。

3 農振第 915 号
令和 3 年 6 月 30 日



各 地 方 農 政 局 農 村 振 興 部 長 殿

内閣府沖繩総合事務局農林水産部長 殿

国土交通省北海道開発局農業水産部長 殿

農林水産省農村振興局整備部設計課長

土地改良事業計画設計基準・設計「パイプライン」の基準及び運用の解説、
技術書について

「土地改良事業計画設計基準・設計「パイプライン」の運用について（令和 3 年 6 月 30 日付け 3 農振第 914 号農林水産省農村振興局長通知）」が制定されたことに伴い、土地改良事業計画設計基準・設計「パイプライン」の基準及び運用の解説、技術書について別添のとおり作成したので、国営土地改良事業の実施に当たって参考とされたい。

これに伴い、「土地改良事業計画設計基準・設計「パイプライン」の基準及び運用の解説、技術書について（平成 21 年 3 月 31 日付け 20 農振第 2151 号農林水産省農村振興局整備部設計課長通知）」は廃止する。

改定の要旨

1. 改正の背景及び必要性

土地改良事業計画設計基準・設計「パイプライン」(以下、本基準)は、昭和48年3月に「水路工(その2)パイプライン」として「水路工」から独立する形で制定され、昭和51年12月の一部改定を経て、昭和52年10月及び昭和62年3月に全面改定された。

平成10年3月には、パイプライン工事の実績が蓄積されたことや技術の発達、社会情勢の変化に伴う水利用の環境変化等に対応すべく、全面改定されるとともに「基準書」と「技術書」に区分した再編が行われた。

その後、平成13年の土地改良法の一部改正により「環境との調和への配慮」が土地改良事業の実施の際に求められていること、兵庫県南部地震の教訓を踏まえた「土地改良施設 耐震設計の手引き(平成16年3月)」がとりまとめられたこと、農業水利施設の更新に着目した設計を行う必要があることから、平成21年3月に一部改定が行われた。

前回の改定から12年が経過し、その間に発生した東北地方太平洋沖地震等の被災の経験、パイプラインの要求性能(管材の長期特性、流速係数C値)への対応、施設の長寿命化の観点、技術の進展等から改定を行ったものである。

主要改定内容は次のとおりである。

- (1) パイプライン設計における耐震設計の充実
- (2) パイプラインの要求性能
- (3) 保全技術の充実
- (4) 新技術の取り込み

2. 検討経緯

土地改良事業計画設計基準・設計「パイプライン」の改定については、令和2年9月に食料・農業・農村政策審議会から技術小委員会に付託され、2回の調査審議を経て、令和3年3月に同審議会へ技術小委員から結果の報告がなされた。なお、本基準の改定に当たっては、パイプラインに関する専門的な知識を有する学識経験者等を構成員とする土地改良事業計画設計基準・設計「パイプライン」改定検討委員会(以下、改定委員会という。)を設置し、改定原案の検討を行った。

なお、検討に当たっては、本基準を事業現場で活用している技術者に査読を依頼するとともに、農林水産省のホームページを通じて広く国民から意見・情報の募集を行うことにより、改定に対する意見・要望等を反映することに努めた。

改定検討委員会及び改定作業に参画したメンバーは、以下のとおりである。

委員長 田中 忠次

委員 有吉 充、稲垣 仁根(平成29年度～)、河端 俊典、
寺川 吉博(平成28年度)、中嶋 勇、中村 和正、
中 達雄(平成30年度～)、毛利 栄征

(五十音順)

○改定委員会等における検討経緯

平成 21 年 3 月 11 日	現行基準制定
平成 28 年 11 月 8 日	第 1 回改定委員会 (通算第 1 回目)
平成 29 年 2 月 20 日	第 2 回改定委員会 (通算第 2 回目)
平成 29 年 9 月 11 日	第 1 回改定委員会 (通算第 3 回目)
平成 29 年 10 月 24 日	第 2 回改定委員会 (通算第 4 回目)
平成 30 年 2 月 26 日	第 3 回改定委員会 (通算第 5 回目)
令和 1 年 8 月 5~6 日	第 1 回改定委員会 (通算第 6 回目)
令和 1 年 11 月 28 日	第 2 回改定委員会 (通算第 7 回目)
令和 2 年 2 月 3 日	第 3 回改定委員会 (通算第 8 回目)
令和 2 年 11 月 16 日	第 1 回改定委員会 (通算第 9 回目)
令和 3 年 2 月 26 日	第 2 回改定委員会 (通算第 10 回目)

これ以降、意見等を踏まえて一部修正し、農林水産省内の調整を終えた後、令和 3 年 6 月 30 日付けで施行された。

3. 土地改良事業計画設計基準・設計「パイプライン」主要改定項目

(1) パイプライン設計における耐震設計の充実

東北地方太平洋沖地震、熊本地震及び北海道胆振東部地震の地震被害状況を踏まえ、被災事例と設計上の留意点や液状化に対する留意点について追記した。特に被災事例の多い構造的要因によるウィークポイントについて、屈曲部の地震応答対策の充実を図った。また、重要度に応じた耐震対策は、重要度 A 種及び重要度 B 種のウィークポイントでは対策を行うことを基本とし、重要度 C 種のウィークポイントは地域の状況に応じて判断することを記載し、重要度の高い A 種及び B 種の耐震対策の促進を図った。

パイプラインの基礎材について、液状化の発生防止・被害軽減方策として、密度改善、砕石などの礫材料の使用、固化処理土（流動化処理土、ソイルセメント）の使用を追記した。また、固化処理土を使用できるように記載の充実を図った。

土地改良事業設計指針「耐震設計」が平成 27 年 5 月に制定されている。また、多数の関連技術基準類の改定が行われていることから、これらの改定動向に対応し、パイプラインの耐震設計についても最新の考え方に沿った内容に見直した。

(2) パイプラインの要求性能

1995 年以降大量に施工されたパイプラインの供用年数が 20 年を超えてくる中、供用 20 年程度より国営造成パイプラインの突発事故が増加する傾向を踏まえ、事故率の高い樹脂系管種について、管材の長期特性を見込んだ構造設計の考え方を導入した。長期特性の導入に当たっては、ISO 規格や下水道及び海外の設計事例にならい、供用 50 年後の安全性を確保することを目標とし、具体的には、ヤング係数として短期だけでなく長期の値を設定し、長期的な性能の照査を行うこととした。長期のヤング係数については、官民連携新技術研究開発事業の成果を参考にし、暫定的にクリープ係数 0.8 を設定し、短期ヤング係数にクリープ係数 0.8 を乗じて値を低減したものをを用いることとした。また、ダグタイル鑄鉄管、鋼管、硬質ポリ塩化ビニル管、ポリエチレン管、ガラス繊維強化ポリエチレン管については、内圧クリープ試験により長期引張強度を設定し、安全率は管種（金属管・樹脂管）を問わず 2 に統一し、許容応力を求めることとした。

長期特性の設計への導入は、パイプラインの安全性を向上させることが目的であり、現在も

研究が進められている分野であることから、改定検討委員会の指導・助言の下、現時点で得られている知見を基に、今般の改定では暫定値として導入することとしたものである。

パイプラインの安全性向上は今後も永きにわたって重要な課題となることから、引き続き技術開発による性能・品質管理の向上及び、多くの現場データに基づいた持続的な研究・開発の成果が得られることが期待される。このため、暫定値の精度を上げていくなど、管材の長期特性を踏まえた構造設計の考え方については、今後も段階的に整備・充実を図っていくものである。

また、新規格管種等、水理諸元の実証試験が実施された管種について、水理解析に用いる流速係数C値の暫定値を示した。これについても、供用後の流速係数の計測を継続して進め、今回設定した値の妥当性について検証する。

(3) 保全技術の充実

農業水利施設のストックマネジメントの一環として、施設の長寿命化に資するため、農業水利施設の機能保全の手引き「パイプライン」が平成28年8月に制定された。また、施設の長寿命化対策の主となる管更生工法について、「農業水利施設の補修・補強工事に関するマニュアル（パイプライン編）案」が作成されている。

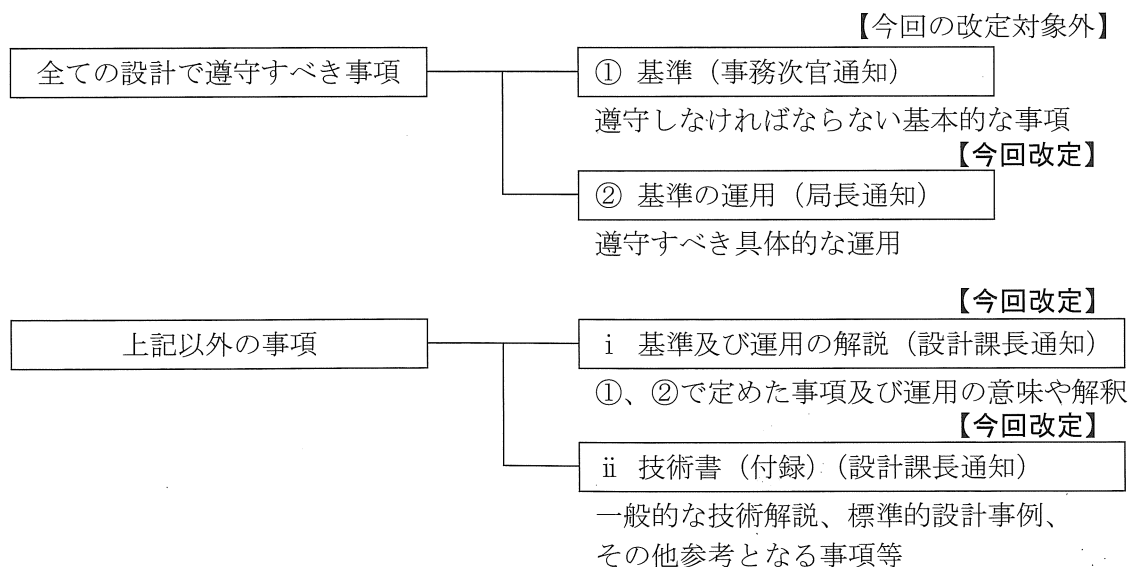
技術書「補修・補強」の章題を「保全管理」に改め、ライフサイクルコストの観点から、同手引きやマニュアル案の内容にも留意し、記述内容の再整理を行うとともに充実を図った。また、パイプラインの長寿命化を図りライフサイクルコストを低減させるための考え方について記載した。

(4) 新技術の取り込み

パイプラインの設計・施工について、新管種の規格化、ダクタイル鋳鉄管の曲げ配管等、官民連携新技術研究開発事業などにより開発された多くの新技術が導入されていることを踏まえ、これらの技術の活用を検討する際に必要な技術的な内容について記載した。

4. 土地改良事業計画設計基準・設計の構成

本基準の構成は、以下のとおりである。



土地改良事業計画設計基準及び運用・解説

設 計

「パイプライン」

基準

基準の運用

基準及び運用の解説

目 次

<基準(事務次官通知)> <基準の運用(農村振興局長通知)>

1 基準の位置付け	——	1 運用の位置付け	4
2 パイプラインの定義	├──	2-1 パイプラインの定義	6
	└──	2-2 パイプラインの分類	10
3 設計の基本	——	3 設計の基本	12
4 関係法令の遵守	├──	4-1 関係法令の遵守	14
	└──	4-2 関連する計画との整合	16
5 設計の手順	——	5 設計の手順	18
6 調査	├──	6-1 調査	20
	├──	6-2 調査項目	20
	├──	6-3 河川・湖沼状況調査	20
	├──	6-4 地形調査及び測量	20
	├──	6-5 地質・土質調査	20
	├──	6-6 気象・水文調査	20
	├──	6-7 立地条件調査	22
	├──	6-8 環境調査	22
	└──	6-9 管理関係調査	22
7 基本設計	├──	7-1 基本設計の項目	24
	├──	7-2 パイプラインシステムの設計	24
	├──	7-3 水利用形態と水管理制御方式	26
	├──	7-4 設計流量及び設計水圧	26
	├──	7-5 路線選定及びパイプラインシステムの構成の選定	26
	├──	7-6 設計流量に対する機能確保	28
	├──	7-7 運用管理に対する機能確保	30
	├──	7-8 パイプラインシステムの設計の総括	30
	└──	7-9 管体及び継手等の選定	32
8 細部設計	——	8 細部設計	34
9 水理解析	├──	9-1 定常的な水理現象の解析	36

		9-2 非定常的な水理現象の解析.....	40
10 管路の構造設計		10-1 一般事項	42
		10-2 基礎工法の選定	44
		10-3 荷重	44
		10-4 管体の横断方向の設計.....	52
		10-5 管体の縦断方向の設計.....	72
		10-6 耐震設計	72
		10-7 配管設計	74
		10-8 スラスト力の検討.....	76
		10-9 横断工の設計	76
		10-10 防食	76
11 附帯施設の設計		11-1 附帯施設の種類	78
		11-2 調整施設	78
		11-3 調圧施設	78
		11-4 ポンプ施設	78
		11-5 分水施設	80
		11-6 量水施設	80
		11-7 通気施設	80
		11-8 保護施設	80
		11-9 管理施設	82
12 水管理制御施設の設計		12 水管理制御施設の設計.....	84
13 管理		13-1 水管理	86
		13-2 施設維持管理	90
		13-3 充水計画及び落水計画.....	92
		13-4 保全管理	94

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）
<p>1 基準の位置付け</p> <p>この基準は、国営土地改良事業の実施に当たり、パイプラインの設計を行う際に、遵守しなければならない基本的な事項を定めるものである。</p>	<p>1 運用の位置付け</p> <p>この基準の運用（以下「運用」という）は、国営土地改良事業の実施に当たり、土地改良事業計画設計基準・設計「パイプライン」（以下「基準」という）を適用する際の運用について定めるものである。</p> <p>パイプラインの設計は、基準に定められた基本的な事項を遵守するとともに、個々の設計及び施工の際には、その目的、位置、規模、自然的、社会的諸条件及び施工条件等の実情に即し、かつ、環境との調和に配慮しつつ、この運用に沿って適切に行わなければならない。</p>

基準及び運用の解説

基準1及び運用1では、この基準及び運用の適用対象となる事業及び行為を規定するとともに、基準及び運用の性格を明らかにしている。

この基準は、国営土地改良事業の工事の設計及び施工の基準に関する訓令（最終改定昭和52年農林省訓令第19号）に基づいて位置付けられるものであり、適用範囲は、国営土地改良事業における工事の実施設計である。したがって、国営土地改良事業以外の事業における工事（補助事業等）や、工事の実施設計以外の行為（調査計画や全体実施設計等）については、この基準及び運用の適用を受けるものではないが、この場合においても、それぞれの事業主体やその行為を行う者が、独自の判断のもとで、この基準及び運用を準用することができる。

この基準及び運用では、パイプラインの設計を行う際の基本的事項とその運用方法を定めている。したがって、パイプラインの設計を行う上で必要となる事項のうち、この基準及び運用で定めていない事項については、現地の個別の諸条件を反映して、関連する技術書等を参考にしながら、施設予定管理者等の意向を踏まえた確かな判断により決定することがそれぞれの設計者に求められる。

【関連技術書等について】

上の解説で述べているように、この基準及び運用で定めない事項については、関連する技術書等を参照して、施設予定管理者等の意向を踏まえ適切に行っていく必要がある。本書の巻末には、パイプラインの設計の際に必要な各種の関連技術のうち、一般に入手できる他の技術書に書かれることの少ないものをいくつか取りまとめて掲載しているので参照されたい。

また、以降この欄において、それぞれの基準及び運用で規定する事項に関連する技術書や参考資料をできるだけ列挙するので、これらも併せて参照されたい。

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）
<p>2 パイプラインの定義</p> <p>この基準でいうパイプラインとは、既製管を埋設して造成する圧力管路によって農業用水を送配水する水路組織であり、管路とその附帯施設から構成される。</p>	<p>2-1 パイプラインの定義</p> <p>基準 2 にいう圧力管路とは、口径 3,000mm 以下の既製管を埋設して造成する使用静水頭 100m 未満の管路をいい、農業用水とはかんがい用水として使用可能な真水をいう。</p> <p>この基準の範囲を超えた口径あるいは使用静水頭のパイプラインの設計に際しては、特に施設の安全性を確保するための検討を行わなくてはならない。</p> <p>また、附帯施設とは、調整施設、調圧施設、ポンプ施設、分水施設、量水施設、通気施設、保護施設、管理施設、その他の水利施設等をいう。</p>

基準及び運用の解説

基準 2 では、この基準で取り扱うパイプラインの定義を示すことにより、この基準及び運用の適用が及ぶ範囲を明らかにしている。基準の対象は、設置目的が既製管を埋設して造成する送水系及び配水系の農業用水輸送用のパイプラインであり、既製管以外のもの、露出状態で設置されるもの、給水栓以降に設置されるもの及び農業用水以外の水利用目的で設置されるものについては別途の基準によって設計する必要があるので、この基準及び運用の適用外である。

運用 2-1 では、この基準及び運用で取り扱うパイプラインの口径、使用静水頭の適用範囲を規定している。しかし、地区の状況によりこの基準で規定する範囲を超えた条件でパイプラインを設計する場合がある。口径について、3,000mm を超える大口径管の使用が想定される場合、地域の実情を考慮の上、継手の機能、水理特性、管種や管厚、管体及び継手の耐震性等について慎重な検討を行うとともに、試験施工等を行い安全性を検証することが必要である。また、維持管理や複数管路による危険分散等を含めた総合的な判断が必要である。

また、使用静水頭 100m 以上の高圧管となる場合は、管体の耐水圧強度、継手の水密性能及び耐水圧強度等管体の安全性を確認するとともに、空気弁や制水弁の高水圧下での耐水圧強度と性能と作動機能及び操作性の確認、排泥工の安全性等の確認が特に重要である。さらに配水系パイプラインでは、給水栓、制水弁、空気弁等の弁類が多用されるが、一般的に市販されている標準規格品は使用静水頭が 100m 未満に制約されるものが多く、経済性と安全性を考慮して配水系パイプラインの使用静水頭は 100m 未満が望ましい。やむを得ずこれを超える高圧パイプラインの設計に際しては、以下の項目について特に留意する必要がある。

- ① 高圧管路では、漏水等の事故が生じた場合、周辺地域に多大な被害を及ぼす可能性があるため、耐久性、継手の水密性及び耐水圧強度等の高いものを選定する必要がある。
- ② 高圧管路における附帯施設の設備は、特殊なものとなるため、設計・維持管理条件等を踏まえた検討が必要である。特に減圧方法については、維持管理（費）や施設への影響に対する配慮が必要である。
- ③ 高圧管路では、曲管部やバルブ地点に大きなスラスト力が発生することから、現場条件を十分に把握した上で設計条件や解析条件等に留意する必要がある。
- ④ 水撃圧対策のための安全弁や管体破損時の被害拡大を防止する緊急遮断弁等、保護施設の設置を検討することが必要である。
- ⑤ 高圧管路から末端配水路や一筆給水等の直接分水は避けることが望ましい。
- ⑥ 圧力調整施設を設置する場合、キャビテーション対策等に留意する必要がある。

付 録
技 術 書

技 術 書 目 次

【関連基準】《関連運用》

1. 農業用パイプライン導入の経緯と役割	105
1.1 パイプライン導入の経緯	105
1.2 管種の開発・導入の経緯	107
1.3 パイプラインの特性と役割	110
2. パイプラインの区分・分類及び構成	112
2.1 パイプラインの区分	112
2.2 パイプラインの分類	113
2.2.1 分類	113
2.2.2 機構上の分類（パイプライン形式）	113
2.2.3 水圧からの分類（水圧区分）	116
2.2.4 配管上の分類（配管方式）	116
2.2.5 送配水上の分類（送配水方式）	117
2.3 水管理方式の区分	118
2.4 パイプラインの構成	119
3. パイプライン設計の標準的手順	120
3.1 パイプラインシステム設計の手順	120
3.2 施設設計の手順	122
3.3 設計上留意すべき事項	124
4. 調査	125
4.1 河川・湖沼状況調査	125
4.2 地形調査及び測量	125
4.3 地質・土質調査	125
4.4 気象・水文調査	126
4.5 立地条件調査	126
4.6 環境調査	127
4.7 管理関係調査	127
5. 管体及び継手等の選定	128
5.1 基本事項	128
5.2 検討手順	128

【2 パイプラインの定義】

《2-1 パイプラインの定義》

《2-2 パイプラインの分類》

【5 設計の手順】

《5 設計の手順》

【6 調査】

《6-1 調査》

《6-2 調査項目》

《6-3 河川・湖沼状況調査》

《6-4 地形調査及び測量》

《6-5 地質・土質調査》

《6-6 気象・水文調査》

《6-7 立地条件調査》

《6-8 環境調査》

《6-9 管理関係調査》

【7 基本設計】

《7-9 管体及び継手等の選定》

5.3	既製管の概要	133
5.4	長期特性と品質管理	134
6.	パイプラインシステムの設計	135
6.1	一般事項	135
6.1.1	設計の目的	135
6.1.2	設計に必要な基本特性及び機能	135
6.1.3	パイプラインシステムの設計の手順	138
6.1.4	パイプラインシステムの施設容量	143
6.1.5	路線調査と路線選定	144
6.2	水理ユニット	150
6.2.1	水理ユニットの定義	150
6.2.2	水理ユニットの境界条件	150
6.2.3	水理ユニットの構成	150
6.2.4	水理ユニットの構成上の留意事項	152
6.3	基本設計	153
6.3.1	設計流量	153
6.3.2	設計水圧	154
6.3.3	パイプラインシステム構成の選定	162
6.3.4	水管理制御方式の選定	166
6.3.5	パイプラインの 水頭配分と通水断面の設計	166
6.3.6	パイプラインシステムの 機能確保のための検討	168
6.4	パイプラインシステムの比較設計	174
6.4.1	基本事項	174
6.4.2	比較設計の留意点	175
6.4.3	経済比較の方法	175
6.5	総合設計	175
6.5.1	総合設計に必要な資料	175
6.5.2	総合設計の留意事項	178
7.	定常的な水理現象の解析	180
7.1	一般事項	180
7.1.1	解析の目的と区分	180
7.1.2	水理解析に必要な資料	182
7.2	水理設計	182
7.2.1	一般事項	182
7.2.2	許容設計流速	183
7.2.3	平均流速公式	184

【7 基本設計】

- 《7-1 基本設計の項目》
- 《7-2 パイプラインシステムの設計》
- 《7-3 水利用形態と水管理制御方式》
- 《7-4 設計流量及び設計水圧》
- 《7-5 路線選定及びパイプライン
システムの構成の選定》
- 《7-6 設計流量に対する機能確保》
- 《7-7 運用管理に対する機能確保》
- 《7-8 パイプラインシステムの設計の総括》

【9 水理解析】

- 《9-1 定常的な水理現象の解析》

7.2.4	平均流速公式の特性とその適用条件	186
7.2.5	パイプラインの水理計算	190
7.2.6	管網配管の水理計算	209
7.2.7	多点注入パイプラインの水理計算	211
7.3	定常流況解析	214
7.3.1	一般事項	214
7.3.2	解析手法	217
7.3.3	水理設計への応用とその評価	224
8.	非定常的な水理現象の解析	227
8.1	一般事項	227
8.1.1	解析の目的と区分	227
8.1.2	非定常流況解析の留意点	227
8.1.3	水理解析に必要な資料	229
8.2	非定常流況の基礎式	230
8.2.1	非定常流況の基礎式	230
8.2.2	圧力波の伝播速度と圧力振動周期	233
8.2.3	非定常流況基礎式の適用	234
8.3	水撃圧の計算	235
8.3.1	一般事項	235
8.3.2	水撃圧の推定方法	240
8.3.3	理論解法による水撃圧の推定	242
8.3.4	数値解法による水撃圧の推定	244
8.3.5	経験則による水撃圧の推定	246
8.3.6	水撃圧対策	251
8.4	弾性体理論による非定常流況解析	254
8.4.1	一般事項	254
8.4.2	数理モデル	257
8.4.3	コントロールモデル	266
8.4.4	結果の評価及び設計への利用	269
8.5	剛体理論による非定常流況解析	271
8.5.1	一般事項	271
8.5.2	数理モデル	272
8.5.3	結果の評価及び設計への利用	273
8.5.4	準定常水理解析	273
9.	管路の構造設計	274
9.1	一般事項	274
9.1.1	検討順序及び内容	274
9.1.2	埋設深	275

【9 水理解析】

《9-2 非定常的な水理現象の解析》

【10 管路の構造設計】

《10-1 一般事項》

《10-2 基礎工法の選定》

《10-3 荷重》

9.1.3	荷重に対する安全性の検討	277
9.1.4	水密性から見た許容内水圧に対する検討	278
9.2	基礎工法の選定	278
9.2.1	埋設管の基礎	278
9.2.2	管体の基礎工法	279
9.2.3	基礎及び埋戻し材料	283
9.3	荷重	286
9.3.1	土圧	287
9.3.2	活荷重	299
9.3.3	軌道荷重	301
9.3.4	その他の上載荷重	301
9.3.5	管体の自重及び管内水重	302
9.3.6	基礎反力	304
9.3.7	内水圧	304
9.3.8	その他の荷重	305
9.4	管体の横断方向の設計	306
9.4.1	横断方向に生じる曲げモーメント	306
9.4.2	設計支持角	309
9.4.3	不とう性管の管種選定	309
9.4.4	とう性管の管種選定	311
9.4.5	小口径管の管種選定	330
9.5	管体の縦断方向の設計	331
9.6	耐震設計	337
9.6.1	一般事項	337
9.6.2	重要度区分と保持すべき耐震性能	346
9.6.3	調査	351
9.6.4	耐震設計上の埋設管の分類	352
9.6.5	応答変位法を用いた検討	353
9.6.6	液状化の判定	379
9.6.7	地盤変状に対する検討	386
9.6.8	地震応答対策の内容	395
9.6.9	被災事例から見た設計上の留意点と対策	399
9.7	配管設計	405
9.7.1	管割の手順	405
9.7.2	ジョイントスペース	405
9.7.3	異形管	405
9.7.4	継手	407
9.7.5	管路の曲線布設	408
9.7.6	管種が異なる場合の接続	409
9.7.7	構造物と管体の接続	409

《10-4 管体の横断方向の設計》

《10-5 管体の縦断方向の設計》

《10-6 耐震設計》

《10-7 配管設計》

《10-8 スラスト力の検討》

《10-9 横断工の設計》

《10-10 防食》

9.7.8	管況計算及び合成角計算	410
9.8	スラスト力の検討	414
9.8.1	一般事項	414
9.8.2	検討箇所及び順序	414
9.8.3	スラスト力の検討	415
9.8.4	スラスト力の対策	422
9.9	保護工の設計	436
9.10	横断工の設計	436
9.10.1	道路横断	436
9.10.2	軌道横断	436
9.10.3	河川横断	436
9.11	防食	436
9.11.1	防食の種類	436
9.11.2	マイクロセル腐食	437
9.11.3	マクロセル腐食	438
9.11.4	電食	442
9.11.5	腐食・防食調査	443
9.11.6	防食対策	443
9.12	傾斜部管路の設計	446
9.12.1	傾斜部管路の定義	446
9.12.2	検討すべき事項	447
9.12.3	地山斜面の安定	447
9.12.4	管体の安定	447
9.12.5	埋戻し土の安定	463
9.12.6	止水壁の設置と湧水対策	463
9.12.7	段落部における布設勾配	464
10.	附帯施設の設計	465
10.1	調整施設	465
10.1.1	一般事項	465
10.1.2	調整池の規模	465
10.1.3	調整池の構造	465
10.2	調圧施設	466
10.2.1	一般事項	466
10.2.2	調圧施設の形式	466
10.2.3	調圧施設の要件	467
10.2.4	調圧施設の位置と構造	467
10.3	ポンプ施設	470
10.3.1	一般事項	470
10.3.2	ポンプによる制御方法	470

【11 附帯施設の設計】

- 《11-1 附帯施設の種類》
- 《11-2 調整施設》
- 《11-3 調圧施設》
- 《11-4 ポンプ施設》
- 《11-5 分水施設》
- 《11-6 量水施設》
- 《11-7 通気施設》
- 《11-8 保護施設》
- 《11-9 管理施設》

10.3.3	加圧ポンプによる加圧方式	472
10.3.4	配水槽	476
10.4	分水施設	477
10.4.1	一般事項	477
10.4.2	分水工	477
10.4.3	給水栓	491
10.5	量水施設	493
10.5.1	一般事項	493
10.5.2	量水計の設置条件	493
10.5.3	量水計の種類と選択	493
10.6	通気施設	494
10.6.1	一般事項	494
10.6.2	通気施設の配置	495
10.6.3	通気施設の形式と構造	495
10.7	保護施設	507
10.7.1	一般事項	507
10.7.2	水撃圧緩衝装置	507
10.7.3	余水吐	509
10.7.4	排泥施設	510
10.8	管理施設	512
10.8.1	除塵施設	512
10.8.2	制水弁	517
10.8.3	マンホール及び監査ます	522
10.9	バルブの選定方法と水理設計手法	524
10.9.1	一般事項	524
10.9.2	バルブの設置位置	526
10.9.3	バルブ種類の選定	527
10.9.4	バルブ口径の選定	527
10.9.5	バルブの流量制御特性	529
10.9.6	圧力調整とキャビテーション	530
11.	水管理施設の設計	536
12.	保全管理	540
12.1	基本事項	540
12.1.1	保全管理の必要性	540
12.1.2	機能と性能	540

【12 水管理制御施設の設計】

《12 水管理制御施設の設計》

【13 管理】

《13-1 水管理》

12.1.3	性能に着目した管理	540
12.2	機能診断	543
12.2.1	機能診断調査	543
12.2.2	機能診断評価	545
12.3	パイプラインの補修・補強等の対策工法	545
12.3.1	パイプラインの対策工法	545
12.3.2	対策工法の検討における留意事項	546
12.3.3	対策工法の施工後のモニタリング	547
13.	施工	548
13.1	管路の埋設	548
13.1.1	埋設溝の掘削	548
13.1.2	基礎及び埋戻し材料	555
13.1.3	基礎及び埋戻し工	555
13.2	施工管理	557
13.3	通水試験	557
13.3.1	試験の方法	557
13.3.2	漏水試験	558
13.3.3	水圧試験	561
13.3.4	漏水箇所の探知と補修	561
14.	既製管の管体及び継手	562
14.1	管体の種類	562
14.1.1	直管の種類	562
14.1.2	異形管の種類	577
14.2	継手の種類	582
15.	パイプライン用語集	601
16.	引用・参考文献	613
	参考資料 樹脂系管種のヤング係数	
	長期・短期の適用区分	617

【7 基本設計】

《7-9 管体及び継手等の選定》

1. 農業用パイプライン導入の経緯と役割

1.1 パイプライン導入の経緯

わが国の農業用パイプラインは、畑地から水田へ、配水系パイプラインから送水系パイプラインへ、また単純な操作システムから高度な監視制御システムへと順次導入が図られてきた。以下に、配水系、送水系及び監視制御施設に分けて導入の経緯を述べる。

(1) 配水系パイプラインの導入

配水系のパイプラインは、昭和30年前後から小規模な畑地かんがいの末端施設として導入され始めたが、大規模に採用されたのは昭和33年から施工が始まった愛知用水事業からである。

愛知用水では、当初うね間かんがい方式の採用を予定し、実験農場で多くのうね間かんがい試験を行った。その結果、うね間かんがいは給水操作が煩雑でしかも多くの労力を要し、なおかつ、わが国の土壌、営農にはなじまず、また、畑地が過湿となる等の問題があることが明らかとなった。具体的には、うねの上流端から給水し、これをうねの末端まで到達させるためには、必要量以上の水を流さざるを得ず、かんがい効率が低下するばかりか畑の一部に過湿となる部分が生じる等の問題である。

これに対して、スプリンクラーによる散水かんがい方式の試験では、平坦地はもとより複雑な地形や果樹園などの急傾斜地にも適することが確認された。この結果を受けて、その後は各地でスプリンクラーによる散水かんがいが事業化され、現在に至っている。

また、昭和30年代後半には、スプリンクラーによる防除、施肥、凍霜害防止等の試験が各試験研究機関によって行われ、昭和40年代にかけて畑地かんがい施設の多目的利用が図られる端緒となった。この多目的利用も、圧力の利用ができるクローズドタイプパイプラインの功績のひとつである。

昭和40年代に入ると、ほ場整備事業の進展とあいまって、水田にもパイプラインが多用されるようになった。昭和40年には、佐賀県で水田パイプラインが導入されたが、その特色はオープンタイプのパイプラインが多用されたことである。これらの水田は旧藩時代の干拓地であり、地形は極めて平坦であった。このため、オープンタイプのパイプラインでは、上流に位置するほ場ほど取水が有利となり、水管理の省力化に十分な効果を発揮することができなかつたといわれる。

昭和41年になって、岐阜県下と愛知県下でクローズドタイプパイプラインによる水田のかんがい事業が実施された。この方式では、給水栓の開閉操作だけで水管理が行えるため、水管理作業を省力化することができた。

昭和45年には、新潟県西蒲原郡の県営ほ場整備事業地区において、ポンプ直結の管網配管による水田配水系の施設が施工された。当該ポンプは、給水栓の開閉に応じて起動・停止する方式を採用しており、これ以後の水田パイプラインシステムの方向づけに重要な役割を果たすこととなった。

水田配水系のパイプライン化は、従来の小用水路の施設管理労力や配水管理労力の節減、各ほ場ごとの水利用の自由化、用水路用地の節減、耕作機械の能率化などに寄与するものとして、ほ場整備の進捗に伴って現在も引き続き各地で進められている。

(2) 送水系パイプラインの導入

送水系パイプラインは、パイプライン始点（水源）から配水系パイプラインの入口（例えば、ファームポンド等）に至る幹支線的なパイプラインである。

送水系パイプラインは、昭和40年代以降にその実施例が多くなるが、古い地区では大規模畑地かんがい地区の綾川地区（昭和33年～同45年）、笠野原地区（昭和33年～同45年）がある。

この両地区は、上流部の開水路を経て、これに幹線パイプラインが接続されている。幹線パイプラインの末端は、綾川地区では2か所の調整池へハウエルバンガーバルブにより流量制御を行って放流している。また、笠野原地区では、4か所のファームポンドへホロージェットバルブにより流量制御をした後、放流している。両地区とも、供給主導型の水管理形態をとっているのが特徴である。なお、幹線パイプラインから分岐する支線パイプラインは、直接末端のスプリンクラーにつながり、需要主導型の水管理が可能となっている。

これに対し、昭和40年に着工した釜無川農業水利事業は、水源の釜無川から調整池までは開水路であるが、調整池以降は管路の途中に減圧水槽と減圧弁を設けたセミクローズドタイプパイプラインである。この調整池以降の幹線パイプラインは、明らかに需要主導型の水管理方式を意図したもので、この点が上記綾川、笠野原の両地区と異なっている。

昭和46年に着工した笛吹川農業水利事業においても、頭首工から取水する南北幹線水路はセミクローズドタイプパイプラインが採用された。幹線分水工には、それぞれファームポンドが設置され、幹線からはフロートバルブを通じてファームポンドに流入し、ファームポンドが満水になると自動的にフロートバルブが閉じ分水が停止する機構である。ファームポンドより下流は、クローズド又はセミクローズドタイプの配水系パイプラインにより、多目的スプリンクラーかんがいをを行う計画である。

また、昭和40年代以降には、幹線パイプラインの始点（水源）にポンプ場を設置し、直接又は吐出し水槽を経由して、幹線パイプラインに圧送する大規模なかんがい計画が増加した。このような長大なパイプラインでは、幹線パイプラインの途中に調整池、中継機場又は加圧機場（ブースター）を設けている場合が多い。ポンプ場等を組み合わせた幹線パイプラインの例には、成田用水、北総東部用水、東総用水、浜名湖北部、伊那西部、牧ノ原、霞ヶ浦用水、南薩などの農業水利事業のほか、屏風山、須川などの開拓事業がある。

昭和50年代の後半からは、上流部が開水路で下流部がパイプラインのいわゆる複合水路系が設計施工されるようになった。複合水路系を施工した地区には、霞ヶ浦用水、牧ノ原、菊池台地、仙北平野、中勢用水、赤城西麓などがある。複合水路系における水管理方式は、上流の開水路区間が供給主導型であり、下流のパイプライン区間が需要主導型となるため、この接合部では水管理方式の違いを吸収し、パイプラインへの空気の混入を避けなければならない、という課題があった。この対策としてバッファーポンドの設置を必要としたが、その容量の決定方法等について新たな技術が検討・確立されたのもこの時代である。

(3) 監視制御施設の導入

前項(1)、(2)で見たように、農業用パイプラインの形式は、年代を追って変化してきた。

配水系の畑地では、うね間かんがいから散水かんがいへ、さらに多目的利用へと変わった。また水田では、オープンタイプ（供給主導）からクローズドタイプ（一般には需要主導）へ、さらにポンプによる加圧方式へと変化した。特に畑地においては、スプリンクラーを利用して数時間単位、数分単位のローテーションかんがいが行われるようになったが、これを人力で監視制御す

ることは事実上困難であった。

また、送水系パイプラインは、単純な系から複雑な系へと大規模化し、管路に附帯する施設も送水機場、中継機場、加圧機場、減圧水槽、減圧弁、分土工、ファームポンド、バッファポンドなど多くの施設が加わり、複雑なパイプラインシステムを構成するようになった。送水系パイプラインは、供給主導、需要主導のいずれの水管理方式にあっても、パイプラインの性格上、パイプラインの末端若しくは分水点で流量制御をしなければならない。この多くの施設や分土工をパトロール隊の巡回などにより人力で監視制御することは、これもまた事実上困難であった。

このような事情から、短時間のローテーション散水を行う配水パイプラインや大規模な送水パイプラインでは、集中監視制御機能を持つ水管理制御システムの導入が図られた。集中監視制御が必要な理由は、次のように整理される。

- ① 需要量の時間別・期別の変化に追従して用水を供給するための監視制御が必要である。
- ② 送水機場、管路途中の附帯施設、分土工など監視制御対象施設が広範囲に分布する。
- ③ パイプラインは、開渠に比べて応答性が極めて速く、ある点の水理現象がパイプライン全般に伝播する特性を持っている。したがって、水の使い過ぎ、分土工間の水の偏り等が生じないような監視制御を行う必要がある。
- ④ 河川法に基づく水利使用規則等の規制が厳しくなったので、これに適切に対応するための監視制御が必要である。
- ⑤ 施設の安全性を確保するため、施設の監視が用水管理者からも社会からも求められている。

1.2 管種の開発・導入の経緯

農業用パイプラインは、新管種の開発、在来管種の改良による安全性・機能性・経済性等、性能の向上に伴って導入量が増加し、さらにはパイプラインの役割も広がってきた。本節では、パイプラインにとって最も基本的な構成要素である管種等について、開発順序に従ってその経緯を述べる。

(1) 鑄鉄管及びダクタイル鑄鉄管

鑄鉄管は、1455年にドイツで開発され、1664年にはパリのベルサイユ宮殿を中心に水道管として布設された。わが国では、1885年（明治18年）に横浜市の水道管として使用されたのが最初である。その後、アメリカでダクタイル鑄鉄が発明された。わが国では、このダクタイル鑄鉄を用いて、1954年（昭和29年）にダクタイル鑄鉄管の鑄造に成功し、広く使われるようになり、現在に至っている。

継手は、最初は鉛ガスケットを用いたフランジ形であったが、その後ソケット形に変わり、黄麻と鉛でコーキングする方法がとられた。その後1920年（大正9年）に、アメリカでゴムパッキンを用いたメカニカルジョイントが用いられて以来、これを基本にして改良された数多くの継手（T形、K形、U形、ALW形、UF形、S形、NS形、GX形、US形、PII形、PN形など）が使用されている。

この管種は、農業用水では内外圧の高い管路、軟弱地盤の管路などに用いられることが多い。

(2) 鋼管

鋼管の製造は、鑄鉄管の製造より遅く19世紀に入ってからである。わが国において鋼管が初めて生産されたのは、継目無鋼管が1913年（大正2年）、鍛接鋼管が1927年（昭和2年）、電気抵抗溶接鋼管が1935年（昭和10年）、アーク溶接鋼管が1960年（昭和35年）のことである。

また、塗覆装についても技術が発達し、1957年（昭和32年）には水道用塗装鋼管の日本産業